

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky

Nástroj pro projektování fotovoltaických systémů
Tools for photovoltaic systems projection

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 6. května 2010

Rád bych na tomto místě poděkoval svému vedoucímu Ing. Radoslavu Fasugovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky, odbornou pomoc a trpělivost při vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Tématem bakalářské práce je seznámení se s projektováním fotovoltaických systémů a implementace vlastního nástroje sloužícího k tomuto účelu. Práce je rozdělena do několika hlavních částí. Nejprve je popsána teorie fotovoltaiky, vysvětlení principů, popsání současné situace v Česku a představení potřebných zařízení. Dále jsou rozebrány některé již existující nástroje zabývající se touto problematikou. Nejde o detailní popis každého nástroje, ale o obecný náhled, aby měl čtenář představu o současné situaci. Další část práce se zabývá vlastním nástrojem pro tvorbu fotovoltaických systémů. Je rozebrána implementace i uživatelské rozhraní a práce se systémem. Poslední část obsahuje porovnání vlastní aplikace s ostatními nástroji.

Klíčová slova: bakalářská práce, fotovoltaika, střídač, fotovoltaický panel, fotovoltaický systém, KacoCalc, PVsyst, PVGIS, DC rozvaděč, kWh, sluneční záření

Abstract

The theme of my bachelor thesis is the projection of photovoltaic systems and the implementation of the corresponding tool developed by myself. The thesis is divided into several main parts. Firstly, the photovoltaic theory with the explanation of its basic principles is described, the current situation in the Czech Republic is foreshadowed and corresponding gadgets are introduced. Followingly, the already existing tools dealing with this issue are discussed. This is to provide general view of the current situation, not detailed information about the particular gadgets. The next part refers to the photovoltaic systems' projection tool developed by myself. It discusses the systems' implementation and work as well as user's issue. The last part serves as the comparison of my own tool's application with the other tools' ones.

Keywords: bachelor thesis, photovoltaics, inverter, photovoltaic panel, photovoltaic system, KacoCalc, PVsyst, PVGIS, DC switchboard, kWh, solar radiation

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ÚVOD | 3 |
| 1.1 | TEORIE FOTOVOLTAIKY | 3 |
| 1.2 | EXISTUJÍCÍ APLIKACE..... | 3 |
| 1.3 | VLASTNÍ APLIKACE..... | 3 |
| 2 | TEORIE FOTOVOLTAIKY..... | 4 |
| 2.1 | FOTOVOLTAICKÝ JEV | 4 |
| 2.2 | FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK | 4 |
| 2.3 | JEDNOTKA VÝKONU FOTOVOLTAICKÝCH ELEKTRÁREN Wp | 4 |
| 2.4 | FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA | 4 |
| 2.4.1 | <i>Druhy instalací.....</i> | <i>4</i> |
| 2.4.2 | <i>Hlavní prvky fotovoltaické elektrárny.....</i> | <i>5</i> |
| 2.5 | FOTOVOLTAIKA V ČESKÉ REPUBLICE | 6 |
| 3 | EXISTUJÍCÍ APLIKACE PRO FOTOVOLTAIKU | 7 |
| 3.1 | KACOCALC PRO | 7 |
| 3.1.1 | <i>Funkce KacoCalc Pro</i> | <i>8</i> |
| 3.1.2 | <i>Shrnutí.....</i> | <i>11</i> |
| 3.2 | PVSYST | 11 |
| 3.2.1 | <i>Funkce PVsyst.....</i> | <i>12</i> |
| 3.2.2 | <i>Shrnutí.....</i> | <i>16</i> |
| 3.3 | PVGIS (FOTOVOLTAICKÝ GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM) | 16 |
| 3.3.1 | <i>Funkce PVGIS.....</i> | <i>17</i> |
| 3.3.2 | <i>Shrnutí.....</i> | <i>18</i> |
| 4 | ANALÝZA VLASTNÍ APLIKACE..... | 19 |
| 4.1 | ZADÁNÍ..... | 19 |
| 4.1.1 | <i>Proč?.....</i> | <i>19</i> |
| 4.1.2 | <i>K čemu?.....</i> | <i>19</i> |
| 4.1.3 | <i>Vstupy.....</i> | <i>19</i> |
| 4.1.4 | <i>Výstupy.....</i> | <i>19</i> |
| 4.1.5 | <i>Kontextový diagram</i> | <i>20</i> |
| 4.1.6 | <i>Nefunkční požadavky.....</i> | <i>20</i> |
| 5 | IMPLEMENTACE VLASTNÍ APLIKACE (ISFOTOVOLTAIKA)..... | 20 |
| 5.1 | ÚVODNÍ OBRAZOVKA | 20 |
| 5.2 | EVIDENCE ZÁZNAMŮ | 21 |
| 5.3 | KALKULAČKA..... | 23 |
| 5.4 | NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU | 24 |
| 5.4.1 | <i>Zapojení</i> | <i>25</i> |
| 5.4.2 | <i>Konstrukce</i> | <i>27</i> |
| 5.4.3 | <i>DC rozvaděče.....</i> | <i>29</i> |
| 5.4.4 | <i>Kabelové vedení</i> | <i>29</i> |
| 5.4.5 | <i>Určení polohy.....</i> | <i>31</i> |
| 5.4.6 | <i>Shrnutí.....</i> | <i>31</i> |
| 5.5 | OSOBNÍ | 33 |
| 6 | POROVNÁNÍ APLIKACÍ..... | 34 |
| 7 | ZÁVĚR..... | 35 |
| 8 | LITERATURA | 36 |
| A | ER DIAGRAM..... | 37 |

| | |
|--|----|
| OBRÁZEK 2-1: MONOKRYSTALICKÝ PANEL | 5 |
| OBRÁZEK 2-2: POLYKRYSTALICKÝ PANEL | 5 |
| OBRÁZEK 2-3: AMORFNÍ PANEL | 5 |
| OBRÁZEK 2-5: KONSTRUKCE | 6 |
| OBRÁZEK 2-6: MAPA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ V ČR | 7 |
| OBRÁZEK 3-1: KACO, ÚVODNÍ OBRAZOVKA | 8 |
| OBRÁZEK 3-2: KACO, SESTAVENÍ ZAPOJENÍ | 9 |
| OBRÁZEK 3-3: KACO, STŘÍDAČ KONFIGURACE | 10 |
| OBRÁZEK 3-4: KACO, ZTRÁTY NA KABELOVÉM VEDENÍ | 11 |
| OBRÁZEK 3-5: PVSYST, NASTAVENÍ HORIZONTU | 12 |
| OBRÁZEK 3-6: PVSYST, ANIMACE STÍNOVÁNÍ FOTOVOLTAICKÉHO POLE | 14 |
| OBRÁZEK 3-7: PVSYST, ZÁHLAVÍ | 14 |
| OBRÁZEK 3-8: PVSYST, SYSTÉM | 15 |
| OBRÁZEK 3-9: PVSYST, ZTRÁTY SYSTÉMU | 15 |
| OBRÁZEK 3-10: PVGIS, ÚVODNÍ OBRAZOVKA | 16 |
| OBRÁZEK 3-11: PVGIS, TABULKA VÝSLEDNÝCH HODNOT | 17 |
| OBRÁZEK 3-12: PVGIS, GRAF PRŮMĚRNÉ TEPLoty ZA 24 HODIN | 18 |
| OBRÁZEK 4-1: KONTEXTOVÝ DIAGRAM | 20 |
| OBRÁZEK 5-1: VLASTNÍ APLIKACE, ÚVODNÍ OBRAZOVKA | 21 |
| OBRÁZEK 5-2: VLASTNÍ APLIKACE, MENU | 21 |
| OBRÁZEK 5-3: VLASTNÍ APLIKACE, SEZNAM EVIDOVANÝCH ZÁZNAMŮ | 22 |
| OBRÁZEK 5-4: VLASTNÍ APLIKACE, FORMULÁŘ PRO EDITACI VKLÁDÁNÍ ZÁZNAMU | 22 |
| OBRÁZEK 5-5: VLASTNÍ APLIKACE, DETAIL ZÁZNAMU V EVIDENCI | 22 |
| OBRÁZEK 5-6: VLASTNÍ APLIKACE, VÝBĚR PARAMETRŮ PRO MODELOVÁNÍ ZAPOJENÍ | 23 |
| OBRÁZEK 5-7: VLASTNÍ APLIKACE, VÝSLEDEK NAMODELOVANÉHO ZAPOJENÍ | 24 |
| OBRÁZEK 5-8: VLASTNÍ APLIKACE, ČÁST TZV. STAVOVÉ LIŠTY | 24 |
| OBRÁZEK 5-9: VLASTNÍ APLIKACE, INDIKÁTOR | 24 |
| OBRÁZEK 5-10: VLASTNÍ APLIKACE, VÝBĚR ZAPOJENÍ | 25 |
| OBRÁZEK 5-11: VLASTNÍ APLIKACE, SEZNAM | 26 |
| OBRÁZEK 5-12: VLASTNÍ APLIKACE, SCHÉMA ROZLOŽENÍ PANELŮ | 26 |
| OBRÁZEK 5-13: VLASTNÍ APLIKACE, PROPOČTENÉ NABÍDKY | 27 |
| OBRÁZEK 5-14: VLASTNÍ APLIKACE, PŘIDANÁ ZAPOJENÍ | 27 |
| OBRÁZEK 5-15: VLASTNÍ APLIKACE, PŘIŘAZENÉ KONSTRUKCE | 28 |
| OBRÁZEK 5-16: VLASTNÍ APLIKACE, ROZVRŽENÍ KONSTRUKCÍ | 28 |
| OBRÁZEK 5-17: VLASTNÍ APLIKACE, PŘIDANÉ KONSTRUKCE | 29 |
| OBRÁZEK 5-18: VLASTNÍ APLIKACE, VÝBĚR PARAMETRŮ KABELU | 29 |
| OBRÁZEK 5-19: VLASTNÍ APLIKACE, VÝBĚR KABELU | 30 |
| OBRÁZEK 5-20: VLASTNÍ APLIKACE, VÝBĚR NABÍDKY KABELU | 30 |
| OBRÁZEK 5-21: VLASTNÍ APLIKACE, KONKRÉTNÍ NABÍDKA KABELU | 30 |
| OBRÁZEK 5-22: VLASTNÍ APLIKACE, ZADÁVÁNÍ GPS SOUŘADNIC | 31 |
| OBRÁZEK 5-23: VLASTNÍ APLIKACE, GRAF DOPADENÝCH KWh | 31 |
| OBRÁZEK 5-24: VLASTNÍ APLIKACE, TABULKA VÝNOSU | 32 |
| OBRÁZEK 5-25: VLASTNÍ APLIKACE, ROZLOŽENÍ VÝKONU MEZI PANELY | 32 |
| OBRÁZEK 5-26: VLASTNÍ APLIKACE, GRAF VÝDĚLKU SYSTÉMU | 32 |
| OBRÁZEK 5-27: VLASTNÍ APLIKACE, ROČNĚ VYROBENÁ ENERGIE | 33 |
| OBRÁZEK 5-28: VLASTNÍ APLIKACE, ZAPOJENÍ ULOŽENÉHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU | 33 |
| TABULKA 6-1: POROVNÁNÍ APLIKACÍ, TABULKA | 34 |
| OBRÁZEK A-1: PŘÍLOHY, ER DIAGRAM | 37 |

1 Úvod

Zdrojů energie na Zemi nezadržitelným tempem ubývá. Toto jsou důvody, proč se lidstvo snaží nalézt alternativní zdroje energie. Jedním z možných zdrojů je Slunce, respektive sluneční záření (fotovoltaika). V dřívějších dobách bylo sluneční záření jako zdroj používáno v kosmonautice nebo u ropných společností. Použití pro běžného občana bylo téměř nemyslitelné. S vývojem, který v posledních letech postupuje stále většími kroky kupředu a poskytuje nové, cenově přístupné a stále dokonalejší způsoby jak energii ze slunečního záření získat, se tato myšlenka už nezdá být nereálnou.

Vždyť v 60. letech 20. století měl fotovoltaický článek účinnost maximálně 6%. V současné době se účinnost u nejlepších článků pohybuje kolem 35 %. Tato skutečnost nebyla opomenuta ani ve sféře politické, a tak některé státy poskytují dotace podporující rozvoj fotovoltaiky, čímž se snaží o rozvoj jednoho z možných budoucích zdrojů energie.

Oblast informačních technologií reagovala vývojem různých nástrojů zabývajících se problematikou fotovoltaiky a výjimkou nebude ani tato bakalářská práce.

1.1 Teorie fotovoltaiky

Jedná se o seznamovací kapitolu, kde jsou vysvětleny základní principy fotovoltaiky [1] [2]. Obsahuje také popis nejdůležitějších zařízení určených pro stavbu fotovoltaického systému.

1.2 Existující aplikace

Popis tří vybraných aplikací od nejzákladnější až k opravdu profesionálnímu softwaru pro návrh fotovoltaických systémů.

- KacoCalc
- PVsyst
- PVGIS

1.3 Vlastní aplikace

U vlastní aplikace bude uvedena zjednodušená analýza a budou popsány její jednotlivé funkce. Tato aplikace by měla vycházet z dobrých vlastností jednotlivých již implementovaných systémů uvedených výše, a naopak se vyvarovat jejich nedostatků. Závěrem celé práce bude porovnání vlastní aplikace s ostatními nástroji a celkové shrnutí.

2 Teorie fotovoltaiky

Hvězdou v naší sluneční soustavě je Slunce, které dodá za rok na Zemi asi 5000 krát více sluneční energie než je celosvětová roční spotřeba. Proč tedy nevyužít tuto nabídku? Jedním z mnoha způsobů využití je fotovoltaika, což je metoda pro výrobu elektrické energie pomocí solárních panelů, které přeměňují dopadající sluneční záření na elektrickou energii.

2.1 Fotovoltaický jev

Definice 2.1 Fotovoltaický jev či fotoefekt je fyzikální jev, při němž jsou elektrony uvolňovány (vyzařovány, emitovány) z látky (nejčastěji kovu) v důsledku absorpce elektromagnetického záření (např. rentgenové záření nebo viditelného světla) látkou. Emitované elektrony jsou pak označovány jako fotoelektrony a jejich uvolňování se označuje jako fotoelektrická emise (fotoemise).

2.2 Fotovoltaický článek

Fotovoltaický (solární) článek je v principu stejný jako polovodičová dioda. Základ tvoří tenká křemiková destička typu *P* na kterou se nanese tenká vrstva polovodiče typu *N*. Tedy vznikne tzv. přechod *P-N*. Osvětlením článku vznikne v polovodiči fotovoltaický efekt, začnou se uvolňovat elektrony a na přechodu *P-N* se vytvoří elektrické napětí, tedy vzniká elektrická energie.

2.3 Jednotka výkonu fotovoltaických elektráren W_p

Nominální výkon fotovoltaických panelů se udává v jednotkách Watt peak (W_p), jedná se o výkon vyrobený fotovoltaickým panelem při standardním výkonnostním testu, což je dopadající záření o výkonu 1000 W/m^2 a teplotě 25°C . Watt peak je jednotka špičkového výkonu fotovoltaických panelů. Jedná se tedy o výkon, který bude dodáván fotovoltaickým panelem za bezoblačného dne.

2.4 Fotovoltaická elektrárna

Je souhrn několika zařízení viz níže, pomocí kterých je vyráběna elektrická energie.

2.4.1 Druhy instalací

Rozlišujeme 4 základní způsoby realizace fotovoltaických systémů:

- **Přímé připojení do sítě a prodej provozovateli této sítě (On-grid)** - v tomto případě všechna vyrobená energie putuje do distribuční sítě a je prodávána za tzv. "Výkupní cenu".
- **Přímé připojení do sítě a prodej obchodníkovi s elektrickou energií (On-grid)** - tento způsob není příliš preferován, ovšem je možný. Při této instalaci je vyrobená elektrická energie prodávána obchodníkovi za smlouvenou cenu, a dále je vyplácen tzv. "Zelený bonus" od distribuční společnosti.
- **Připojení do rozvodů v objektu (On-grid)** - při tomto způsobu je většina vyrobené energie spotřebována přímo v objektu (vyplácen zelený bonus), přebytky je možné prodávat distribuční společnosti, která musí být ochotna je odkoupit.
- **Off-grid systémy** – není možné využít žádný ze způsobů podpory výkupu. Používají se v místech kde je problematické připojení na síť, například odlehlé oblasti, chaty, lodě atd. Tedy veškerá vyrobená energie je spotřebována v objektu přebytky jsou ukládány do akumulátorů.

2.4.2 Hlavní prvky fotovoltaické elektrárny

Fotovoltaický panel

Je spolu se střídačem základním prvkem každého fotovoltaického systému. Fotovoltaický panel se skládá z fotovoltaických článků. Většina dnes vyráběných panelů je z křemíku. Různými způsoby zpracování křemíku vznikají panely monokrystalické (Obrázek 2-1), polykrystalické (Obrázek 2-2) a amorfnní (Obrázek 2-3). V dnešní době se používají převážně panely polykrystalické a monokrystalické. Jejich výkon je srovnatelný a to z toho důvodu, že i když monokrystalické buňky mají větší účinnost, jejich tvar není dokonalý, tedy na danou plochu se těchto buněk vejde méně než polykrystalických. Účinnost dnešních volně dostupných polykrystalických panelů je 12 – 15%, monokrystalických pak 15 – 17%.

Nejdůležitější evidované veličiny:

- U_{mpp} - napětí v bodě maximálního výkonu.
- U_o - napětí naprázdno.
- U_{sys} - maximální napětí systému panelů.
- I_{mpp} - proud v bodě maximálního výkonu.
- I_{sc} - zkratový proud.
- P_n - jmenovitý výkon.
- **Účinnost** – účinnost panelu.
- **Teplotní koeficient** - udává jak se bude měnit napětí při změně teploty.



Obrázek 2-1: Monokrystalický panel



Obrázek 2-2: Polykrystalický panel

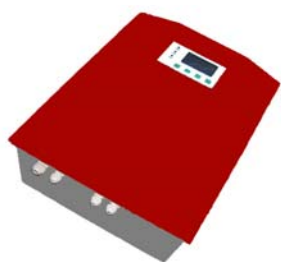


Obrázek 2-3: Amorfnní panel

Střídač

Střídač (Obrázek 2-4) někdy nazýván také invertor nebo měnič se používá k přeměně stejnosměrného napětí dodávaného s fotovoltaických panelů na střídavé napětí elektrorozvodné sítě. Střídače jsou centrálními prvky fotovoltaických elektráren. Převod napětí není jeho jedinou funkcí, disponuje celou řadou dalších funkcí např. ochranné, monitorovací funkce, sběr a analýza dat atd.

Hlavní evidované veličiny:

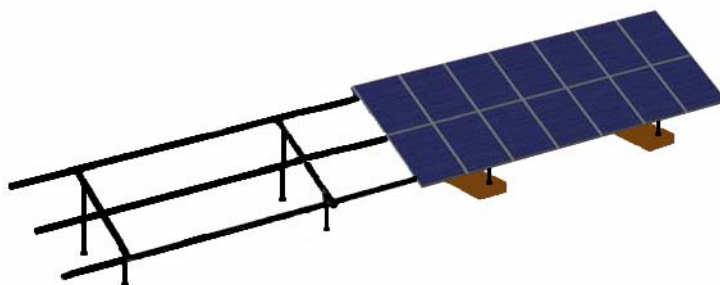


Obrázek 2-4: Střídač

- **Rozsah U_{mpp}** – vstupní napětí se mění v závislosti na slunečním svitu a to je důvod k evidenci této veličiny, která udává rozsah napětí, ve kterém je střídač schopen optimálně pracovat.
- **Účinnost** - udává s jakou účinností převádí napětí ze vstupu na výstup.
- **Max. I_{dc}** - maximální možný proud přiváděný na vstup.
- **Max. U_{dc}** - maximální možné napětí na vstupu.
- **Max. P_{dc}** - maximální možný výkon na vstupu.

Konstrukce

Jedná se o nosné zařízení (Obrázek 2-5) pro fotovoltaické panely. Ve většině případů jsou vyráběny na míru každému zákazníkovi. Typickým výrobním materiálem je hliník, ale existují i jiné alternativy, dřevo, kov a další. Účelem konstrukce je nastavit panely v ideálním sklonu pro co největší efektivitu panelu.



Obrázek 2-5: Konstrukce

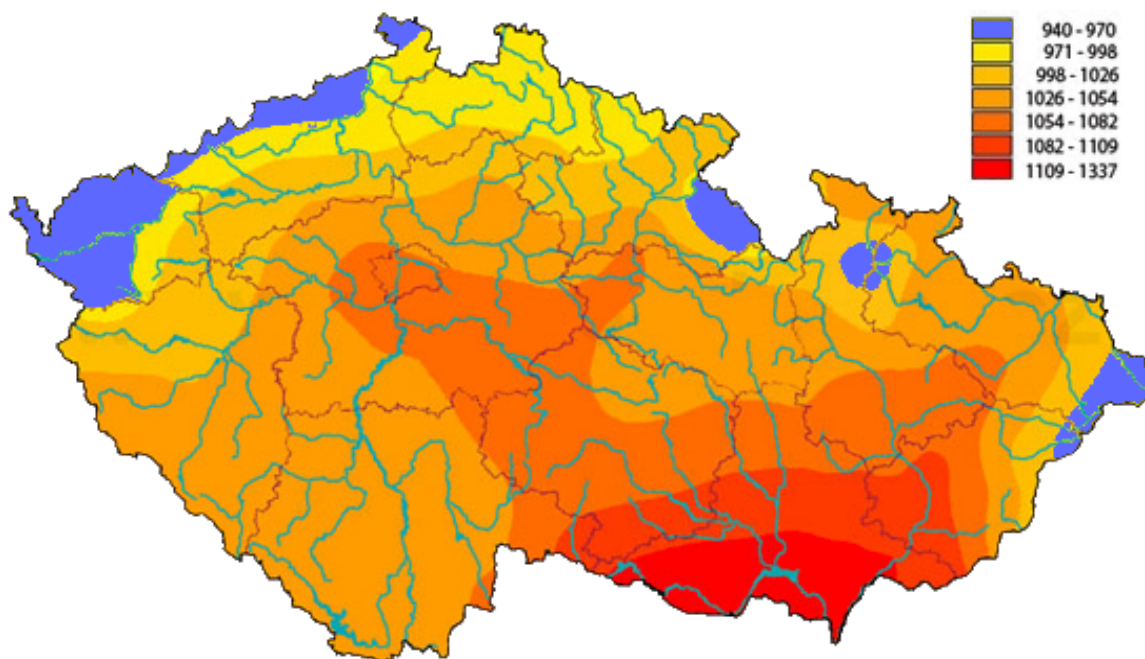
2.5 Fotovoltaika v České republice

Dopadající sluneční záření má značnou časovou i geografickou nerovnoměrnost. Tyto rozdíly jsou viditelné i v rámci území České republiky. Také nadmořská výška ovlivňuje množství slunečního záření, kdy od 1000 do 2000 metrů nad mořem se počítá s nárůstem záření asi o 5%. Naopak při inverzi klesá množství o 5 až 10%. Časová nerovnoměrnost se projevuje zejména rozdílem mezi zimním a letním obdobím, kdy letní období reprezentuje asi 75% celkového slunečního záření za rok.

Celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti) je od 1 400 do 1 700 hodin za rok. Vhodnost výběru lokality pro stavbu fotovoltaického systému nejlépe vystihuje mapa (Obrázek 2-6) globálního slunečního záření, která vychází z dlouhodobých meteorologických pozorování. V zeměpisných podmínkách České republiky dopadne na 1m^2 zhruba 900 – 1300 kWh slunečního záření. Pokud máme panel s účinností 15%, dokážeme za rok vyprodukovat 135 – 195 kWh elektrické energie. Ideální natočení fotovoltaických panelů je na jih se sklonem 35° .

I přes tyto nerovnoměrnosti je fotovoltaika v České republice poměrně výnosná investice, v porovnání s ostatními státy a to především vysokými výkupními cenami. Návratnost fotovoltaických systémů je brzká (8 – 12 let), což není úplně standardní hodnota, ta se pohybuje zhruba okolo 15 let.

Bohužel je snaha výkupní ceny snižovat, v současnosti vláda odhlasovala novelu zákona [3], která umožňuje snižovat výkupní cenu o více než 5%, pokud návratnost investice bude kratší než 11 let. Výkupní cena je platná po dobu 20 let.



Obrázek 2-6: Mapa slunečního záření v ČR

3 Existující aplikace pro fotovoltaiku

Fotovoltaika postupuje rychle a nezastavitelně kupředu. Jak už to tak bývá, musí se i oblast informačních technologií o tuto problematiku zajímat a začít navrhovat aplikace, které budou tento vývoj podporovat. V této části bude představeno několik nástrojů určených právě pro tento účel. Nebude se jednat o detailní příručky ke každému z nich, spíše nastínění jejich možností pro budoucí porovnání s vlastní aplikací.

3.1 KacoCalc Pro

Jedná se o desktopovou aplikaci vytvořenou firmou Kaco, která je dlouholetým a zkušeným německým výrobcem střídačů. Poskytuje evidenci střídačů a fotovoltaických panelů, tuto evidenci je samozřejmě možné rozšiřovat a to jak přidáváním vlastních zařízení, tak i prostřednictvím aktualizací přes internet. Hlavním smyslem aplikace je nalézt vhodné zapojení mezi vybraným typem fotovoltaických panelů a střídači.

Tento výpočet může být proveden manuálně (uživatel si hodnoty volí sám) nebo také automaticky, kdy aplikace generuje vhodné zapojení.



Obrázek 3-1: Kaco, úvodní obrazovka

Na základní uvítací obrazovce (Obrázek 3-1) KacoCalc Pro aplikace se na levé straně nachází menu sloužící k výběru z funkcí poskytovaných aplikací. Spodní část obrazovky je určena k nastavení aplikace a uložení nebo opětovnému nahrání projektu.

3.1.1 Funkce KacoCalc Pro

Pv-System Sizing (modelování zapojení)

Jedná se o nejdůležitější funkci aplikace, kdy si uživatel zvolí typ fotovoltaického panelu a střídače, minimální a maximální teplotu soustavy, počet fotovoltaických panelů v jednom řetězci a počet těchto řetězců. Celé zapojení mezi střídačem a panelem je zcela v režii uživatele.

Obrázek 3-2: Kaco, sestavení zapojení

Obrazovka (Obrázek 3-2), na níž probíhá manuální výpočet zapojení mezi fotovoltaickými panely a střídačem. V horní části obrazovky si uživatel zvolí typ fotovoltaického panelu, typ střídače, maximální a minimální teplotu soustavy.

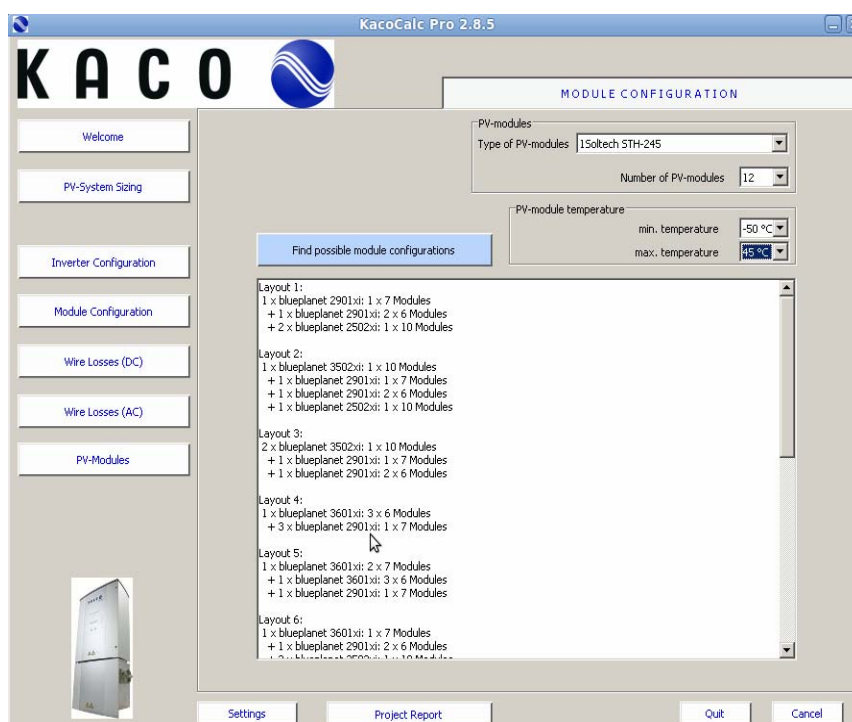
Ve střední části obrazovky jsou dopočítávány hodnoty, které určují vhodnost počtu fotovoltaických panelů v řetězci a počet řetězců k vybranému střídači. Pokud hodnota neodpovídá je označena chybou “error“, pokud naopak je daná hodnota v pořádku je označena jako “ideal“. U hodnoty výkonu je uváděn ještě jeden typ značky a to “ok“, která oznamuje, že střídač je dimenzován na větší výkony, tedy nevyužíváme jeho potenciál.

Uživatel je nucen kombinovat počet fotovoltaických panelů v řetězci s počtem řetězců, což u malých výkonů je poměrně snadná záležitost, ovšem při vyšších výkonech je to poměrně zdlouhavý proces.

Module Configuration (konfigurace fotovoltaického panelu)

Tato funkce generuje vhodný počet a typ střídačů pro zvolený typ fotovoltaického panelu, do výpočtu zahrnuje i maximální a minimální teplotu soustavy. Projevuje se zde určitá logika aplikace, která sama vygeneruje vhodné zapojení.

Obrazovka (Obrázek 3-3), v které tento výpočet probíhá. V horní části se provádí výběr fotovoltaického panelu, maximální a minimální teploty. Po stisknutí tlačítka se výpočet provede a je zobrazen výsledek vhodného zapojení.



Obrázek 3-3: Kaco, střídač konfigurace

Inverter Configuration (konfigurace měniče)

Funkce poskytne několik vhodných zapojení s každým střídačem vedeným v evidenci pro vybraný typ fotovoltaického panelu, maximální a minimální teplotu soustavy. Jako v předchozím případě i zde se projevuje určitá logika aplikace. Obrazovka této funkce je v principu velmi podobná jako u funkce *Module Configuration*.

Wire Losses (DC) (kabelové vedení na stejnosměrné straně)

Tato funkce počítá ztráty na kabelovém vedení mezi fotovoltaickými panely a střídačem, tyto údaje jsou brány z *PV-System sizing* funkce. Volíme materiál kabelu (měď, hliník), délku (ft¹) a průřez kabelu. Aplikace určí jak v procentech, tak ve Watech jaký je úbytek výkonu na kabelovém vedení. Pokud je tento úbytek větší než 1% z celkového výkonu aplikace označí úbytek jako příliš velký, tedy neodpovídající.

Tyto ztráty je možné počítat mezi polem fotovoltaických panelů a střídačem nebo mezi fotovoltaickými panely a propojovacím DC boxem a střídačem. Obrazovka (Obrázek 3-4) ukazuje výpočty ztrát na kabelovém vedení.

Wire Losses (AC) (kabelové vedení na střídavé straně)

Jedná se o stejnou funkci jako předešlá pouze s tím rozdílem, že ztráty jsou počítány na střídavé straně a není možné zahrnout do výpočtů AC propojovací box.

¹ Stopa je historická jednotka pro měření délky.



Obrázek 3-4: Kaco, ztráty na kabelovém vedení

3.1.2 Shrnutí

Aplikace umožňuje výpočty pouze mezi fotovoltaickými panely a střídačem, což je k sestavení fotovoltaické elektrárny žalostně málo. Velkou nevýhodou je pouze počítání elektrických parametrů, tedy nezahrnuje finanční stránku věci. Funkce *Module configuration* a *Inverter configuration* jsou pro reálné použití nedostatečné. Sice jsou zobrazena nejlepší zapojení mezi zařízeními, ovšem nejsou dodány žádné detailní informace.

Na druhou stranu je to vynikající aplikace pro pochopení základních principů fotovoltaických systémů, je také velice přehledná a dostupná zdarma.

3.2 PVsyst

PVsyst je profesionální desktopová aplikace určená ke studiu, simulaci, analýze a návrhu fotovoltaických systémů s obsáhlou databází komponentů, lokací, meteorologických statistik, kterou je možné libovolně rozšiřovat.

Software primárně slouží pro inženýry, architekty a výzkumné pracovníky. Je rozdělen do tří hlavních úrovní *Preliminary design*, *Project design*, *Tools*. Výběr *Preliminary design* funkce nebo *Project design* funkce určuje, jak detailně bude fotovoltaický systém navrhován. Je možné navrhovat tyto typy zapojení fotovoltaických systémů:

- Připojeny k veřejné síti (On-grid).
- Nepřipojeny k veřejné síti (Off-grid).
- Určeny k ohřevu vody.
- Připojeny k stejnosměrné síti.

3.2.1 Funkce PVsyst

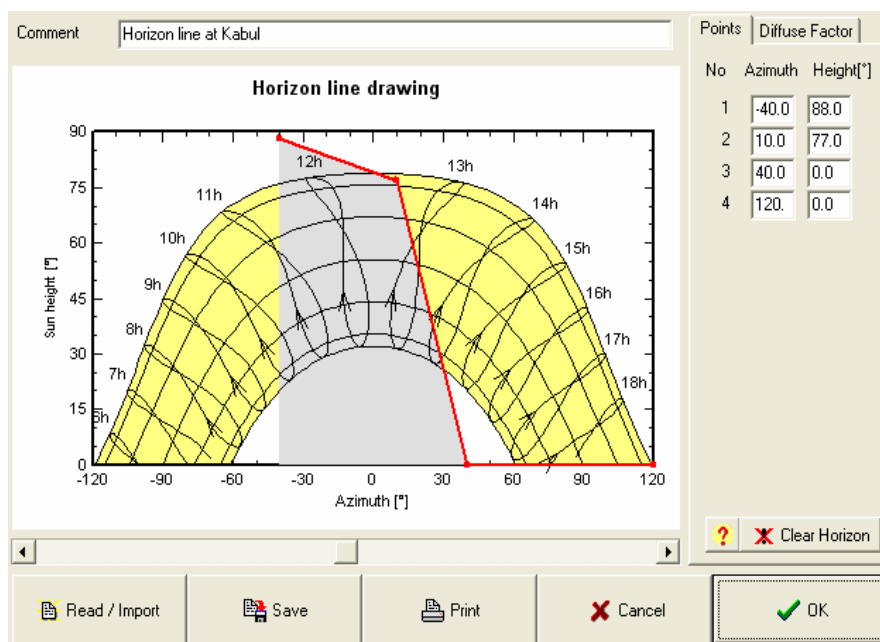
Preliminary design (předběžný návrh)

Jedná se o nejjednodušší funkci této aplikace pro sestavení fotovoltaického systému. Uživatel zadává pouze minimální množství vstupních parametrů. Tato úroveň neumožňuje sestavení typu fotovoltaického systému připojeného ke stejnosměrné síti. Sestavení fotovoltaického systému se provádí ve třech krocích:

- Location (lokace)
- System (systém)
- Results (výsledky)

Location (lokace)

Zde (Obrázek 3-5) si uživatel zádá název projektu, vybere lokaci fotovoltaického systému z databáze. Pokud hledanou lokaci nenašel, je možné ji do databáze přidat. Také může specifikovat podrobně horizont a ovlivnit tak tzv. difuzní faktorⁱ.



Obrázek 3-5: PVsyst, nastavení horizontu

System (systém)

Do této části se uživatel dostane, pokud správně provedl předchozí krok. Zde specifikuje pole fotovoltaických panelů a to buď podle rozlohy, nominálního výkonu nebo vyrobených MWh/ročně. Dále uživatel volí azimut, úhel náklonu fotovoltaických panelů, typ panelu, technologii, montážní a ventilační dispozice.

ⁱ Útlum difuzního záření způsobený horizontálním zastíněním.

Results (výsledky)

Poslední částí je zhodnocení celého fotovoltaického systému, které v tomto předběžném návrhu není nijak podrobné. V předběžném návrhu se nepočítá s konkrétními zařízeními, ale s konstantami (např. 1m² použití polykrystalické technologie fotovoltaických panelů stojí 10 euro). Výstupem jsou různé statistiky výnosnosti a výkonnosti, jak v textové tak grafické podobě.

Project design (projektový návrh)

Cílem této inženýrsky orientované části je provádět podrobný návrh fotovoltaického systému. Je určena pro odborníky.

Tato část nabízí uživateli:

- Rozsáhlou databázi komponentů, lokací a meteorologických statistik.
- Definuje orientaci roviny.
- Odborný systém k usnadnění rozvržení fotovoltaického systému.
- Detailní systém zahrnující tepelné účinky, elektroinstalaci, různé ztráty.
- Horizontální definici ("vzdálené stínování").
- 3-D CAO nástroj pro "blízké stínování" detailní studie.
- Podrobné ekonomické vyhodnocení.
- Kompletní zhodnocení systému.

V této úrovni je možné navrhovat všechny typy fotovoltaických elektráren, které tento software podporuje. Celý návrh se skládá z těchto částí:

- Project (projekt)
- Orientation (orientace)
- Horizont (horizont)
- Near Shadings (simulace stínu)
- System (systém)
- Simulation (simulace)

Project (projekt)

Uživatel vytvoří nový projekt, zadá polohu budoucího fotovoltaického systému, může pro každý měsíc v roce vložit hodnoty množství dopadené energie ze Slunce, specifikovat teploty a albedoⁱ hodnoty.

Orientation (orientace)

V této části se volí typ fotovoltaického poleⁱⁱ. Náklon a azimut, kdy při změnách těchto parametrů se dynamicky mění hodnota výkonu dodávaného Sluncem.

Horizont (horizont)

Zde uživatel definuje podrobně horizont, difuzní a albedoⁱ faktor.

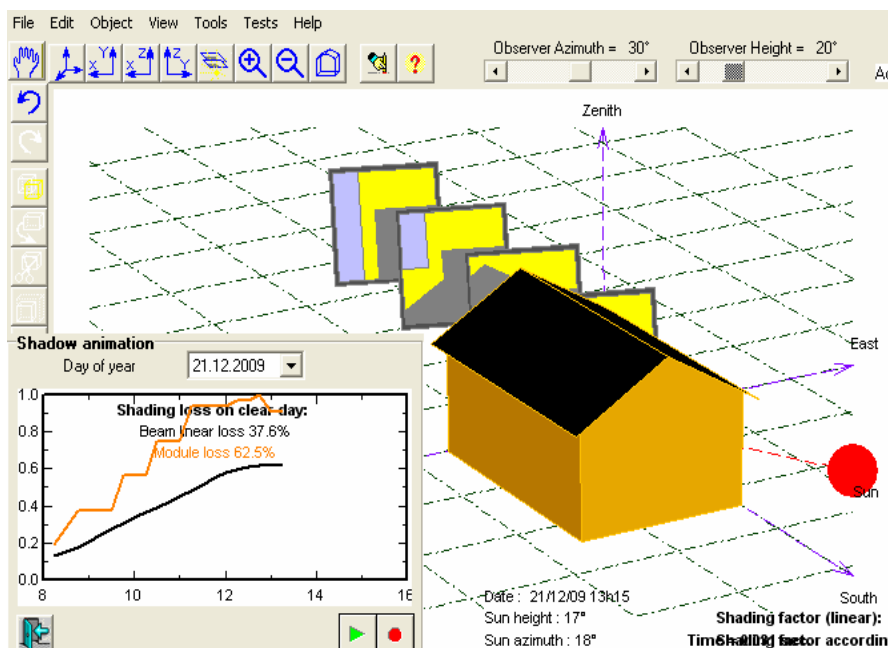
Near Shadings (simulace stínu)

ⁱ Míra odraznosti povrchu nebo těla.

ⁱⁱ Zda-li budou použity běžné konstrukce nebo sledovače a další pomocné prvky zvyšující výkonnost panelů.

V této části (Obrázek 3-6) se tvoří stínování pro pole fotovoltaických panelů. Je zde možné nastavit velké množství různých parametrů, které pomáhají zlepšit výkon. Najdeme zde 3-D CAO nástroj pro nákres fotovoltaického pole se zahrnutím různých překážek (stromy, budovy atd.). Je možné spustit simulaci dne, kde je viditelné chování a zastínění panelů překážkou. Tento nástroj umožňuje opravdu detailní rozkreslení a simulaci chování fotovoltaického pole.

Výstupem je poté tabulka či graf, kde je zobrazen výsledek stínování a vhodnost rozmístění fotovoltaických panelů.

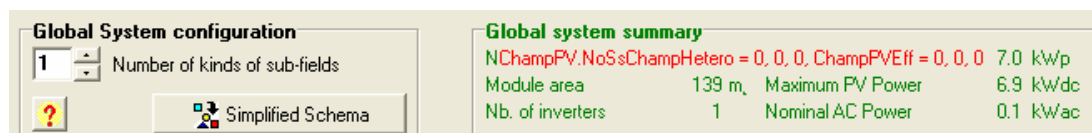


Obrázek 3-6: PVsyst, animace stínování fotovoltaického pole

Systém (systém)

Jedná se o hlavní část návrhu, která je pro každý typ fotovoltaické elektrárny odlišná. Uživatel má plně ve své režii zapojení mezi zařízeními. Zde je ukázka pro On-grid typ.

Celá obrazovka se dělí do několika tématických celků, v záhlaví jsou shrnuty globální informace o navrhovaném fotovoltaickém systému (Obrázek 3-7).



Obrázek 3-7: PVsyst, záhlaví

V hlavní části obrazovky (Obrázek 3-8) se navrhuje zapojení mezi fotovoltaickými panely a střídači. Uživatel si již volí konkrétní zařízení s dostupné databáze s možností seřazení podle určitých parametrů. U vybraného zařízení je možné upravovat parametry dle konkrétních požadavků. Uživatel upravuje základní (proud, výkon, napětí), modelové (teplotní koeficient, I/V charakteristiku), fyzické (šířka, výška), komerční parametry. U komerčních parametrů nastavujeme výrobce, distributora, cenu (nabídku zařízení).

V dolní části obrazovky se zobrazují parametry, které poukazují na vhodnost zapojení mezi zařízeními. Celá tato obrazovka je velmi nepřehledná a uživatel musí mít již jisté zkušenosti s navrhováním těchto zapojení.

Homogeneous System

Presizing Help
☐ No Sizing Enter planned power kWp, ... or available area m² ?

Select the PV module
 Sort modules: ☒ Power ☐ Technology ☐ Manufacturer All modules
 10 Wp 30V a-Si:H single A10-30GET AK Solarwatt Photon Maq. 20C Open
 Maximum nb. of modules: **400** Sizing voltages: V_{mpp} (60°C) **30.8 V**
 V_{oc} (-10°C) **54.9 V**

Select the inverter
 Sort inverters by: ☒ Power ☐ Voltage (max) ☐ Manufacturer All inverters
 0.10 kW 24 - 50 V 60 Hz OK4U-100 NKF Electronics Open
 Nb. of inverters: Operating Voltage: **24-50 V** Global Inverter's power: **0.1 kWac**
 Input maximum voltage: **50 V**

Design the array
Number of modules and strings
 Initial degrad. % should be ? ?
 Mod. in series impossible (Min=1, Max=0)
 Nbre strings between 5 and 6
 Overload loss **95.8 %** Show sizing ?
 P_{nom} ratio **69.80**
Nb. modules **698** **Area** **139 m²**

Operating conditions
 V_{mpp} (60°C) 62 V
 V_{mpp} (20°C) 77 V
 V_{oc} (-10°C) 110 V
 Plane irradiance **1000 W/m²** Max. in data STC
 I_{mpp} (STC) 97.7 A Max. operating power **6.4 kW**
 I_{sc} (STC) 129 A at 1000 W/m² and 50°C
 I_{sc} (at STC) 129 A **Array nom. Power (STC) 7.0 kWp**

The array area exceeds the specified maximum available area.

Obrázek 3-8: PVsyst, systém

Simulation (simulace)

Jedná se o závěrečnou část navrhovacího procesu, v kterém se spustí simulace, která jako výstup dodá velké množství grafů, tabulek (Obrázek 3-9) a statistik. Ty jsou zpracovány opravdu do nejmenšího detailu (denní, roční statistiky atd.). Mezi tyto výstupy patří jak fyzikální, tak i ekonomické parametry. Bohužel pro běžného uživatele je to pouze soubor nic neříkajících čísel a grafů, opět velmi nepřehledné.

| | ModQual | MisLoss | OhmLoss | E _{arr} MPP | InvLoss |
|-----------|---------|---------|---------|----------------------|---------|
| | kWh | kWh | kWh | kWh | kWh |
| January | 0.494 | 0.169 | 0.044 | 7.72 | 0.526 |
| February | 0.615 | 0.211 | 0.061 | 9.63 | 0.604 |
| March | 0.955 | 0.328 | 0.112 | 14.95 | 0.849 |
| April | 1.001 | 0.344 | 0.117 | 15.63 | 0.939 |
| May | 1.137 | 0.390 | 0.150 | 17.71 | 1.066 |
| June | 1.068 | 0.366 | 0.131 | 16.60 | 1.036 |
| July | 1.103 | 0.378 | 0.142 | 17.13 | 1.074 |
| August | 1.031 | 0.354 | 0.138 | 16.01 | 0.979 |
| September | 0.871 | 0.299 | 0.108 | 13.56 | 0.830 |
| October | 0.786 | 0.270 | 0.091 | 12.28 | 0.739 |
| November | 0.513 | 0.176 | 0.052 | 8.00 | 0.546 |
| December | 0.395 | 0.135 | 0.031 | 6.15 | 0.469 |
| Year | 9.969 | 3.421 | 1.177 | 155.37 | 9.658 |

Obrázek 3-9: PVsyst, ztráty systému

Tools (nastavení)

V této úrovni dochází k nastavení softwaru, uživatel si může vkládat své vlastní zařízení, meteorologické statistiky do databáze, definuje elektronické chování fotovoltaických polí, měsíční meteorologické výpočty a celou řadu dalších funkcí a statistik. Výbornou funkcí je importování naměřených dat z reálně fungujících systémů k porovnání s daty simulovanými.

3.2.2 Shrnutí

Jedná se o profesionální detailně zpracovaný software, v kterém je možné navrhovat všechny typy fotovoltaických systémů. Pokrývá velké množství zařízení k sestavení těchto systémů, obsahuje celou řadu statistik ze kterých je možné vycházet, velké množství výpočtů, které počítají fotovoltaické systémy do nejmenšího detailu.

Systém je však určen pro uživatele znalé této problematiky (designéry elektráren, projektanty atd.). Běžný uživatel z tak obrovského množství dat a to jak vstupních, tak výstupních není schopen vytvořit požadovaný návrh fotovoltaického systému.

Tedy jedná se o vynikající systém, bohužel však díky své přílišné složitosti pro běžného uživatele nepoužitelný.

3.3 PVGIS (Fotovoltaický geografický informační systém)

Jde o on-line software publikovaný Evropskou komisí, který znázorňuje, s jakým úspěchem lze získávat elektrickou energii ze solárních systémů v různých částech Evropy. Zisk solárního systému je počítán v PVGIS na základě vybraní lokace a výběrem vstupních parametrů (Obrázek 3-10). V levé části obrazovky je mapa, kde dochází k výběru lokace a je možné zvolit z několika typů nabízených mapových podkladů. Zbytek obrazovky tvoří část pro zadávání vstupních parametrů, které se dělí na:

- Základní technické parametry fotovoltaického systému.
- Měsíční intenzitu slunečního záření.
- Denní intenzitu slunečního záření.

Obrázek 3-10: PVGIS, úvodní obrazovka

3.3.1 Funkce PVGIS

PV Estimation (základní technické parametry fotovoltaické elektrárny)

V této části (Obrázek 3-11) se nastavují nejzákladnější vstupní parametry pro fotovoltaický systém. Vybírá se technologie výroby, sklon fotovoltaických panelů, instalovaný výkon, odhad ztrát, montážní plocha a možnosti sledování pohybu slunce. Celá kalkulace probíhá na základě konstant a statistik, nepracuje se zde s konkrétními zařízeními. Výstupem jsou následující údaje:

- Procentuální ztráty vlivem teploty, úhlové odrazivosti u fyzických zařízení.
- Graf průměrné měsíční produkce elektrické energie.
- Graf měsíčního součtu intenzity slunečního záření na m^2 .
- Graf mezní výšky horizontu.
- Tabulka s následujícími hodnotami E_d^i , E_m^{ii} , H_d^{iii} , H_m^{iv} .

| Fixed system: inclination=35°, orientation=1° | | | | |
|---|-----------------|---------------|-------------|------------|
| Month | E_d | E_m | H_d | H_m |
| Jan | 11500.00 | 356000 | 1.31 | 40.6 |
| Feb | 18600.00 | 521000 | 2.15 | 60.1 |
| Mar | 27200.00 | 842000 | 3.18 | 98.6 |
| Apr | 36200.00 | 1090000 | 4.32 | 129 |
| May | 42000.00 | 1300000 | 5.05 | 156 |
| Jun | 42400.00 | 1270000 | 5.09 | 153 |
| Jul | 44800.00 | 1390000 | 5.40 | 167 |
| Aug | 40300.00 | 1250000 | 4.84 | 150 |
| Sep | 32300.00 | 969000 | 3.83 | 115 |
| Oct | 25100.00 | 779000 | 2.93 | 90.7 |
| Nov | 12300.00 | 370000 | 1.42 | 42.5 |
| Dec | 7980.00 | 247000 | 0.91 | 28.2 |
| Yearly average | 28400 | 865000 | 3.37 | 103 |
| Total for year | 10400000 | | 1230 | |

Obrázek 3-11: PVGIS, tabulka výsledných hodnot

Monthly radiation (měsíční intenzita slunečního záření)

Tato část se již nezabývá přímo fotovoltaickými systémy, ale výpočtem intenzity slunečního záření a údaji o okolní teplotě úhrnem za měsíc ve vybrané lokaci. Opět je zde několik parametrů k výběru (např. horizontální osvit, optimální úhel natočení, průměrná každodenní teplota, difuzní/celkové záření atd.).

ⁱ Denní průměrná produkce elektřiny (kWh).

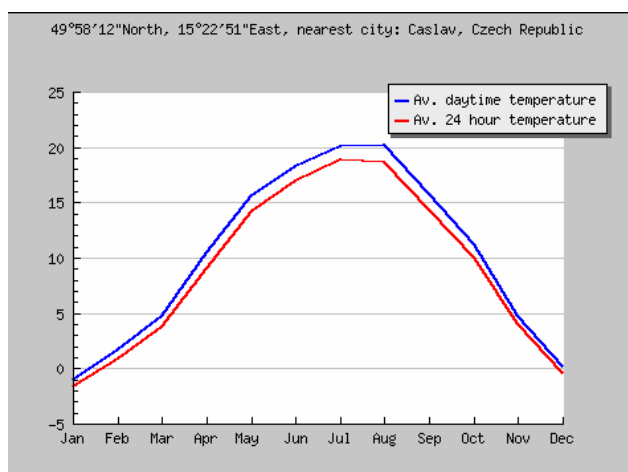
ⁱⁱ Měsíční průměrná produkce elektřiny (kWh).

ⁱⁱⁱ Průměrná denní suma globálního záření (kWh/m^2).

^{iv} Průměrná měsíční suma globálního záření (kWh/m^2).

Výstupem tohoto výpočtu jsou následující údaje:

- Tabulka hodnot odpovídajícím typům grafů.
- Grafy:
 - Intenzity slunečního záření na m^2 pro jednotlivé polohy fotovoltaického pole.
 - Optimálního úhlu natočení.
 - Počet tzv. stupňodní za měsíc.
 - Mezní výšky horizontu.
 - Průměrné teploty za 24 hodin (Obrázek 3-12).



Obrázek 3-12: PVGIS, graf průměrné teploty za 24 hodin

Daily radiation (denní intenzita slunečního záření)

Tak jako v předchozí, tak ani v této části se software nezabývá přímo fotovoltaickými systémy, ale intenzitou slunečního záření a údaji o okolní teplotě za den ve vybrané lokaci. Den je rozdělen do 15 minutových intervalů. Také zde se zadává několik podobných vstupních parametrů jako v předchozí části. Výsledkem výpočtu jsou opět tabulky a grafy.

3.3.2 Shrnutí

V žádném případě se nejedná o software k návrhu fotovoltaických systémů. Jde spíše o nástroj k získávání meteorologických statistik a orientačnímu nahlédnutí do výroby elektrické energie za pomoci fotovoltaického systému.

4 Analýza vlastní aplikace

V této kapitole je popsán zjednodušený návrh vlastní aplikace [4] [5], tak aby čtenář nebyl nucen k čtení mnoha podrobností, jako je například datový slovník, a jiné. Tyto informace jsou obsaženy v přílohách.

4.1 Zadání

4.1.1 Proč?

V současné době se fotovoltaické systémy těší velké oblibě, a jak už to v oblasti informačních technologií bývá, začaly vznikat aplikace zabývající se touto problematikou. Bohužel právě tyto aplikace jsou v mnoha případech pro běžného uživatele buďto až příliš složité nebo naopak neposkytují detailní informace. Další devízou těchto aplikací je, že se nezabývají reálnou finanční stránkou stavby fotovoltaického systému, ale pracují jen s elektrickými parametry. Právě tyto důvody vedly k myšlence vytvoření systému pokrývajícího výše zmíněné nedostatky.

4.1.2 K čemu?

Systém bude sloužit hned k několika účelům. Bude zavedena evidence subjektů, které mají co dočinění s fotovoltaickými systémy. Aplikace bude mít primárně dvě funkce.

První funkcí bude “kalkulačka” v které může uživatel modelovat zapojení mezi fotovoltaickými panely a střídačem. Mělo by se jednat o jakousi seznamovací funkci, tak aby uživatel pochopil základní funkce nejdůležitější části fotovoltaického systému.

Druhá funkce se bude zabývat sestavením vlastního fotovoltaického systému. Sestavení bude realizováno v několika logicky uspořádaných krocích, tak aby uživatel měl o svém systému přehled. Výstupem by pak měly být statistiky o sestaveném systému, a to jak po výkonnostní tak i finanční stránce.

4.1.3 Vstupy

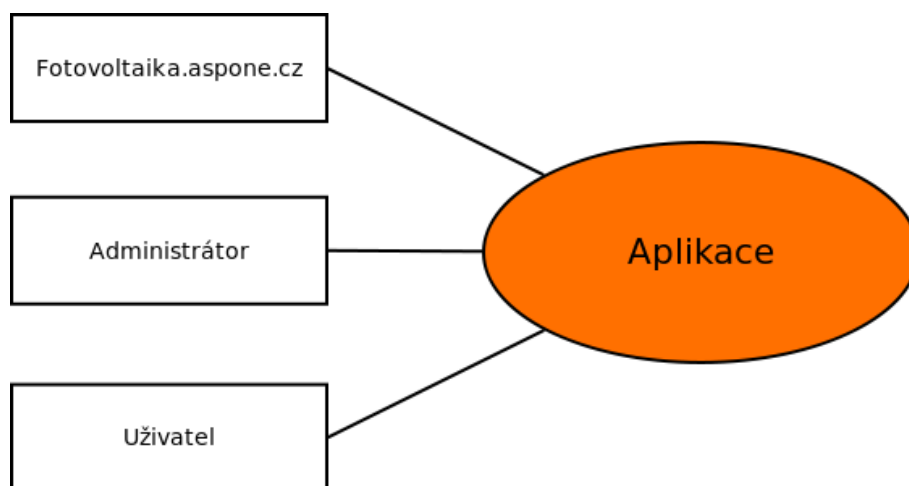
V aplikaci budou evidovány nejdůležitější zařízení pro sestavení fotovoltaického systému: U těchto zařízení bude evidováno více atributů, než je v současné situaci potřeba, z důvodů plánovaného zdokonalování aplikace a samozřejmě bude zahrnuta evidence výrobců.

Pro vytvoření reálné finanční stránky uživatelem sestaveného systému budou evidovány nabídky cen u zařízení a samozřejmě dodavatelé, kteří tyto nabídky poskytují. Uživatelé a jejich vytvořené systémy budou taktéž evidovány.

4.1.4 Výstupy

- Evidované zařízení, nabídky, výrobci a dodavatelé.
- Statistiky týkající se fotovoltaického systému.
- Grafy výkonnosti, financí.

4.1.5 Kontextový diagram



Obrázek 4-1: Kontextový diagram

4.1.6 Nefunkční požadavky

Aplikace počítá u uživatelů s minimální znalostí fotovoltaiických systémů a neklade žádné speciální nároky týkající se počítačové gramotnosti. Výsledná aplikace by měla být podle nejnovějších standardů. Dále pak musí být levná, přehledná, s rychlou odezvou, pro maximální pohodlí uživatele.

Aplikace bude implementována v jazyce Java [6] za podpory frameworků jako Struts2ⁱ [7], Springⁱⁱ [8], JPAⁱⁱⁱ [6], jako databázový systém byl zvolen MySQL [9] ve verzi s bezplatnou licencí.

5 Implementace vlastní aplikace (ISFotovoltaika)

Kapitola je zaměřena na popsání funkčnosti vlastní aplikace, která dostala název ISFotovoltaika.

Jedná se o webovou aplikaci, kde je ke zprostředkování komunikace potřeba mít na počítači nainstalován webový prohlížeč, a znát adresu na které aplikace běží. Jako webový prohlížeč je doporučována Mozilla Firefox^{iv} verze 3.6.3.

5.1 Úvodní obrazovka

Po správně zadané internetové adrese do webového prohlížeče bude uživatel přesměrován na úvodní obrazovku aplikace (Obrázek 5-1), kde se zobrazí formulář pro přihlášení. Pokud uživatel nemá vytvořen účet, je nutné se zaregistrovat. Registrační formulář bude zobrazen, jakmile uživatel stiskne levé tlačítko myši nad políčkem registrace. Po registraci bude uživateli automaticky přidělena role “uživatel”. Uživatelé s touto rolí nemají povoleno vkládání, mazání, či editaci některého z evidovaných subjektů. V aplikaci existuje ještě jedna role a to “administrátor”, pro běžného uživatele nedostupná. Tato role má v popisu funkce správu evidencí číselníku a nastavení celého systému.

ⁱ Framework využívaný u Java web aplikací.

ⁱⁱ Framework usnadňující vývoj J2EE aplikací.

ⁱⁱⁱ Framework umožňující Objektově-Relační mapování.

^{iv} Multiplatformní webový prohlížeč.

email:

heslo:

[registrace](#)

email:

heslo:

jméno:

příjmení:

Obrázek 5-1: Vlastní aplikace, úvodní obrazovka

Po úspěšném přihlášení bude uživatel přesměrován na hlavní obrazovku celé aplikace. V horní části obrazovky je zobrazeno hlavní menu (Obrázek 5-2), pomocí kterého se uživatel v aplikaci pohybuje. Obsahem hlavní stránky jsou také, novinky a různé zajímavosti jak o běhu aplikace, tak o informacích ze světa fotovoltaiiky.

| | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|---|
| Fv elektrárny | Zařízení | Výrobci | Dodavatelé | Nabídky | Administrace | Osobní |
| | | | | | | jméno: Tomas příjmení: Bílek |
| | | | | | | email: admin Odhlášení |

Obrázek. 5-2: Vlastní aplikace, menu

5.2 Evidence záznamů

Příklad evidence některého ze subjektů bude znázorněn na konstrukci. Pro všechny ostatní evidované subjekty se jedná o stejný postup se stejnými možnostmi jako v případě konstrukcí.

Tedy pomocí menu se uživatel dostane do evidence konstrukcí, kde se zobrazí v tabulce již evidované záznamy (Obrázek 5-3). V každém řádku tabulky se nachází tři tlačítka, pomocí nichž pokud má uživatel dostatečná práva, se vyvolá určitá akce.

- **Tlačítko plus** přidání nového záznamu do evidence, umístěn v levé horní části obrazovky.
- **Tlačítko tužky** jedná se o editaci daného záznamu, po kliknutí levým tlačítkem myši, zobrazení formuláře pro editaci (Obrázek 5-4).
- **Tlačítko křížku** daný záznam bude z evidence vymazán.
- **Tlačítko lupy** zobrazen detail záznamu v pohyblivém prvku (Obrázek 5-5), uživatel může tento prvek přesouvat libovolně po obrazovce, tak aby mu nepřekážel.

| edit | smaž | model | výrobce | počet částí | materiál | výška konst. | šířka konst. | délka konst. | výška plochy | šířka plochy | délka plochy | max. výška | min. výška |
|------|------|--------------|---------|-------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| | | VR-98/52 | Schüco | 1 | hliník | 2.0 | 4.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |
| | | konstrukce_2 | Schüco | 1 | hliník | 1.0 | 2.0 | 9.0 | 4.0 | 5.0 | 7.0 | 1.0 | 1.0 |
| | | konstrukce_3 | Schüco | 1 | hliník | 15.0 | 50.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |

Obrázek 5-3: Vlastní aplikace, seznam evidovaných záznamů

formulář pro vložení konstrukce

model:

výrobce:

počet částí:

materiál:

výška konstrukce:

šířka konstrukce:

délka konstrukce:

výška plochy:

šířka plochy:

délka plochy:

maximální výška:

minimální výška:

Tento formulář se používá jak pro editaci již existujícího, tak pro vkládání zcela nového záznamu. Vkládané hodnoty jsou hlídány tzv. validátorem, z důvodů toho, aby bylo uživateli znemožněno vložit evidovanému záznamu neplatné nebo žádné hodnoty.

Obrázek 5-4: Vlastní aplikace, formulář pro editaci vkládání záznamu

detail konstrukce

model: VR-98/52

výrobce: Schüco

materiál: hliník

výška konstrukce[m]: 2.0

šířka konstrukce[m]: 4.0

délka konstrukce[m]: 2.0

výška účinné plochy[m]: 2.0

šířka účinné plochy[m]: 3.0

délka účinné plochy[m]: 2.0

maximální výška[m]: 1.0

minimální výška[m]: 1.0

Zobrazení detailu evidovaného záznamu bez možnosti změny. S celým tímto prvkem je možné libovolně pohybovat po obrazovce.

Obrázek 5-5: Vlastní aplikace, detail záznamu v evidenci

5.3 Kalkulačka

Jedná se o “seznamovací funkci“, pomocí které by měl uživatel získat představu o možnostech zapojení hlavní části fotovoltaického systému.

V této funkci uživatel modeluje zapojení mezi fotovoltaickými panely a střídačem. Modelování spočívá ve výběru konkrétních zařízení, maximální, minimální teploty, počtu fotovoltaických panelů v řetězci a počet řetězců (Obrázek 5-6). Při změně výběru některého zařízení se zobrazí jeho detail do vyhrazeného prostoru na obrazovce.

Vhodnost zapojení mezi fotovoltaickými panely a střídačem se posuzuje pomocí následujících kritérií:

- Součet výkonů fotovoltaických panelů nesmí přesáhnout povolený výkon na stejnosměrné straně střídače.
- U každého střídače je uváděno minimální a maximální U_{mpp}^i . Právě v tomto rozsahu se musí pohybovat U_{mpp} zapojených fotovoltaických panelů při zvolené maximální teplotě.
- Střídač má povoleno maximální vstupní elektrické napětí, právě toto napětí musí být vždy větší než je U_o^{ii} napětí fotovoltaických panelů při zvolené nejnižší teplotě.
- Tak jako maximální vstupní elektrické napětí má střídač i maximální vstupní elektrický proud, který musí být vždy větší než je součet elektrických proudů jednotlivých řetězců zapojených v systému.
- Posledním parametrem je U_{sys}^{iii} , které je nezávislé na střídači a udává jaký je maximální počet fotovoltaických panelů zapojených v jednom řetězci.

Obrázek 5-6: Vlastní aplikace, výběr parametrů pro modelování zapojení

Výběr parametrů pro výpočet je reprezentován tzv. listovými seznamy. Po výběru všech parametrů a stisku tlačítka, začne aplikace propočítávat vhodnost konkrétního zapojení. Výsledkem jsou vypočtené hodnoty, které jsou různě zbarveny a vyjadřují tak vhodnost zapojení (Obrázek 5-7). Možnosti zbarvení jsou modrá, zelená, červená a oranžová (modrá a červená uváděny pouze u výkonu):

- **Modrá** - vyjadřuje malé zatížení střídače, tedy není využit plně jeho potenciál.
- **Oranžová** - naopak zatížení střídače je velmi blízko jeho maximální zátěži a je vhodné ho snížit.
- **Zelená** - vyhovující stav.
- **Červená** - nevyhovující stav, je nutná modifikace zapojení. Překročeny limity střídače.

ⁱ V rozsahu tohoto napětí vykazuje střídač nejlepší účinnost.

ⁱⁱ Napětí naprázdno.

ⁱⁱⁱ Maximální systémové napětí fotovoltaického panelu.

| | |
|---|----------|
| výsledek | |
| maximální DC výkonový vstup střídače: | 3000.0 W |
| výkon panelů: | 245.0 W |
| využití měniče: | 8.17 % |
| minimální Umpp střídače: | 125.0 V |
| celkové Umpp panelů při zvolené maximální teplotě: | 28.6 V |
| maximální Umpp střídače: | 400.0 V |
| celkové Umpp panelů při zvolené maximální teplotě: | 28.6 V |
| maximální vstupní napětí střídače: | 500.0 V |
| napětí naprázdno panelů při zvolené nejnižší teplotě: | 39.56 V |
| maximální vstupní proud střídače: | 30.5 A |
| celkový proud panelů: | 8.1 A |
| systémové napětí panelů: | 37.2 V |
| maximální systémové napětí vybraného panelu: | 1000.0 V |

Obrázek 5-7: Vlastní aplikace, výsledek namodelovaného zapojení

5.4 Návrh fotovoltaického systému

Z pohledu uživatele zvažujícího stavbu fotovoltaického systému bude mít zřejmě největší význam právě tato funkce aplikace. Jedná se o možnost navrhnout si vlastní fotovoltaický systém typu On-grid (přímé připojení do sítě a prodej provozovateli této sítě).

Navrhování probíhá v několika logicky navazujících krocích, tak aby uživatel nad svým navrhovaným systémem neztrácel přehled. Po celou dobu návrhu provází uživatele na spodní straně obrazovky “stavová lišta“ (Obrázek 5-8), která vyjadřuje, v jaké fázi návrhu se uživatel právě nachází, a to tak, že fáze které uživatel již absolvoval, jsou zbarveny zeleně naopak fáze které ho ještě čekají jsou zprůhledněny.



Obrázek 5-8: Vlastní aplikace, část tzv. stavové lišty

Aplikace pomocí indikátoru (Obrázek 5-9) informuje uživatele, že je aktuálně prováděna nějaká akce. Pokud by nebyl indikátor použit, uživatel by ztrácel informaci zda-li aplikace provádí požadovanou akci nebo došlo k nějaké chybě.



Obrázek 5-9: Vlastní aplikace, indikátor

Návrh fotovoltaického systému se skládá z následujících kroků:

- **Zapojení** - uživatel volí hlavní část fotovoltaického systému (fotovoltaické panely, střídače).
- **Konstrukce** - zde dochází k volbě konstrukcí a jejich rozmístění.
- **DC rozvaděče** - tento krok je povinný pouze v případě pokud navrhovaný systém musí obsahovat DC rozvaděče.
- **Kabelové vedení** - volba druhu kabelu, počítání ztrát.
- **Určení polohy** - umístění navrhovaného systému, výpočet podle konkrétního místa.
- **Shrnutí** - závěrečné shrnutí celého systému.

5.4.1 Zapojení

Jedná se o první krok, který uživatel musí provést při návrhu svého fotovoltaického systému. Zde jsou přidávány do uživatelského systému zapojení mezi fotovoltaickými panely a střídačem. Tyto zapojení nemá uživatel možnost modifikovat. Zapojení jsou automaticky vytvářeny aplikací, a to tak, že při každém vložení nového fotovoltaického panelu, je pro tento panel propočítáno zapojení pro každý jeden střídač v evidenci. Po vložení panelu jsou zobrazeny střídače, pro které se našlo vhodné zapojení s tímto konkrétním panelem. Pro střídače platí stejný princip.

Obrazovka výběru zapojení je rozdělena na tyto hlavní části.

- Výběr zapojení.
- Seznam odpovídajících zapojení.
- Přidaná zapojení.

Výběr zapojení









































Uživatel volí konkrétní zařízení pro která chce zobrazit zapojení. Výběr probíhá pomocí dvou tzv. listových seznamů (Obrázek 5-10). Po výběru se automaticky začnou zapojení vyhledávat. Uživatel má možnost zobrazit zapojení pro všechna zařízení, pro typ fotovoltaického panelu, pro typ střídače nebo jedno zapojení konkrétních zařízení. Další možností jak ovlivnit výběr, je nastavit maximální hranici výkonu uváděnou ve W_{att}ⁱ.

Obrázek 5-10: Vlastní aplikace, výběr zapojení

Seznam odpovídajících zařízení

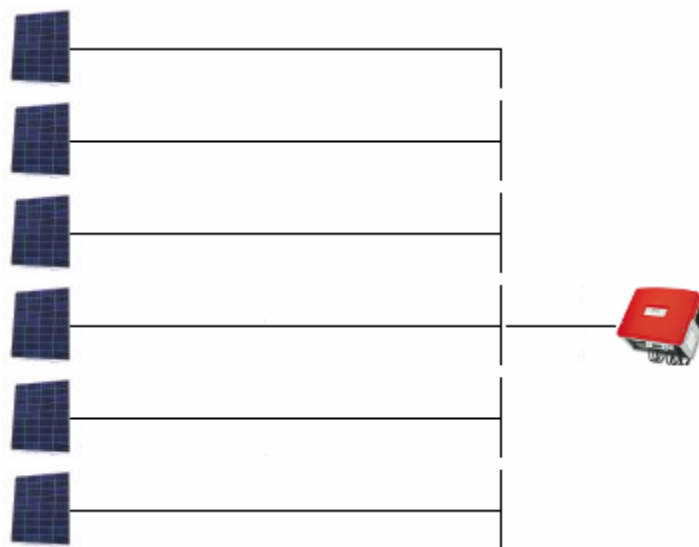
Seznam je zobrazen formou tabulky (Obrázek 5-11), ve které se nachází jak hlavní informace o zapojení, tak i funkční ikony (po stisku provedena akce).

ⁱ Hlavní jednotka výkonu.

| | | | | | | panel | střídač | výkon[W] | využití střídače[%] |
|---|---|---|---|---|---|---------|--------------------|----------|---------------------|
| + |  |  |  |  |  | SCM 210 | SGI 3500 T plus CZ | 2990.0 | 99.67 |
| + |  |  |  |  |  | STP 80S | SGI 3500 T plus CZ | 2960.0 | 98.67 |
| + |  |  |  |  |  | STH-245 | bluplanet 1501xi | 1715.0 | 95.28 |
| + |  |  |  |  |  | SCM 210 | bluplanet 1501xi | 1610.0 | 89.44 |
| + |  |  |  |  |  | STP 80S | bluplanet 1501xi | 1760.0 | 97.78 |
| + |  |  |  |  |  | STH-245 | VL-88 | 5390.0 | 97.03 |
| + |  |  |  |  |  | SCM 210 | VL-88 | 5520.0 | 99.37 |
| + |  |  |  |  |  | STP 80S | VL-88 | 5520.0 | 99.37 |

Obrázek 5-11: Vlastní aplikace, seznam

Uživatel má možnost zobrazení informací konkrétního zapojení, jako jsou detail samotného zapojení, detail fotovoltaického panelu, střídače, také možnost zobrazit primitivní schéma rozložení panelů ke střídači (Obrázek 5-12) a zobrazení propočtených nabídek ke konkrétnímu panelu a střídači v zapojení. Všechny tyto informace jsou zobrazovány do pohyblivého divuⁱ.



Obrázek 5-12: Vlastní aplikace, schéma rozložení panelů

Jakmile si uživatel vybere zapojení, musí pomocí levého tlačítka myši kliknout na tlačítko *plus* v tabulce. Na obrazovce se objeví prostor do kterého bude načtena tabulka se vzájemně propočtenými nabídkami konkrétního fotovoltaického panelu a střídače (Obrázek 5-13).

ⁱ Obalovací značka pro formátování CSS dokumentů.

| přidej | zařízení | dodavatel | cena | začátek | konec | zařízení | dodavatel | cena | začátek | konec | celková cena | w/kč |
|--------|----------|-----------|--------|------------|------------|----------|-----------|---------|------------|------------|--------------|-------|
| + | panel | Iproma | 242.55 | 2010-04-04 | 2010-04-06 | střídač | Iproma | 15000.0 | 2010-04-15 | 2010-04-23 | 20336.1 | 3.77 |
| + | panel | Iproma | 9801.0 | 2010-04-07 | 2010-04-15 | střídač | Iproma | 15000.0 | 2010-04-15 | 2010-04-23 | 230622.0 | 42.79 |

Obrázek 5-13: Vlastní aplikace, propočtené nabídky

Jak je patrné (Obrázek 5-13), je uživateli poskytována informace kolik zaplatí za 1 Watt, což je velmi důležité. Budou vybrány všechny nabídky bez ohledu na to, jaké je u každé z nich uveden datum, neboť množství evidovaných nabídek není tak velké, aby jejich výběr byl omezován jejich datumem. Samozřejmě s přibývajícím počtem nabídek bude jejich vyhledávání upraveno.

Po výběru uživatel opět klikne na tlačítko *plus* a přidá zapojení i s těmito nabídkami do svého fotovoltaického systému.

Přidaná zapojení

Do tohoto prostoru (Obrázek 5-14) jsou zobrazovány všechny uživatelem přidané zapojení. Odebrat zapojení lze buď jednotlivě, nebo všechny najednou. Při každém odebrání nebo naopak přidání jsou přepočítávány i odpovídající hodnoty systému jako je výkon, cena atd.

výkon[W]: 26950.0 cena[Kč]: 311966.4 w/kč: 11.58

smaž všechny záznamy >> konstrukce >>

| | střídač | panel | výkon | cena | W/Kč |
|---|---------|---------|--------|----------|-------|
| ✗ | VL-88 | STH-245 | 5390.0 | 20336.1 | 3.46 |
| ✗ | VL-88 | STH-245 | 5390.0 | 20336.1 | 3.46 |
| ✗ | VL-88 | STH-245 | 5390.0 | 20336.1 | 3.46 |
| ✗ | VL-88 | STH-245 | 5390.0 | 20336.1 | 3.46 |
| ✗ | VL-88 | STH-245 | 5390.0 | 230622.0 | 30.06 |

Obrázek 5-14: Vlastní aplikace, přidaná zapojení

5.4.2 Konstrukce

Do této fáze navrhování může uživatel přejít s minimálně jedním vybraným zapojením. Konstrukce nejsou přiřazovány pro fotovoltaické panely každého zapojení zvlášť, ale pro každý model fotovoltaického panelu obsaženého v uživatelem navrhovaném systému (tedy předpoklad, že na stejné modely fotovoltaických panelů použít stejný model konstrukce).

Rozvržení obrazovky:

- Seznam jednotlivých modelů fotovoltaických panelů ke konstrukcím.
- Přidané konstrukce.

Seznam jednotlivých modelů fotovoltaických panelů ke konstrukcím

Vytvořen a zobrazen počet tabulek odpovídající počtu modelů fotovoltaických panelů (Obrázek 5-15). V každé tabulce je propočítán jeden model panelu se všemi evidovanými konstrukcemi.

V první fázi při výpočtech kdy se zjišťuje, kolik je potřeba konstrukcí pro pokrytí daného množství fotovoltaických panelů jsou ignorovány tzv. sousedící konstrukce. Aplikace předpokládá každou konstrukci stojící samostatně. Zde také aplikace určí, zdali bude výhodnější umístit fotovoltaické panely na konstrukce vertikálně či horizontálně, pokud počet vertikálně umístěných panelů je stejný, jako horizontální je vždy vybráno vertikální umístění. Také je počítáno využití dané konstrukce.

| | | | konstrukce | panel | počet konstrukcí | počet panelů | využití | pozice |
|---|--------|------------|------------|---------|------------------|--------------|---------|----------|
| + | detail | rozmístění | VR-98/52 | SCM 210 | 1 | 24 | 0.0 | vertical |
| + | detail | rozmístění | ZZ-6 | SCM 210 | 1 | 24 | 0.0 | vertical |
| + | detail | rozmístění | UL-V99 | SCM 210 | 1 | 24 | 0.0 | vertical |

| | | | konstrukce | panel | počet konstrukcí | počet panelů | využití | pozice |
|---|--------|------------|------------|---------|------------------|--------------|---------|----------|
| + | detail | rozmístění | VR-98/52 | STH-245 | 22 | 22 | 66.67 | vertical |
| + | detail | rozmístění | ZZ-6 | STH-245 | 4 | 22 | 88.0 | vertical |

Obrázek 5-15: Vlastní aplikace, přiřazené konstrukce

✖

úprava rozmístění konstrukcí

sousedící konstrukce:

počet řetězců:

zruš rozmístění

ověř rozmístění

použij rozmístění

vše proběhlo v pořádku

počet konstrukcí: 16

| počet řetězců | počet sousedících |
|---------------|-------------------|
| 2 | 1 |
| 2 | 5 |
| 2 | 2 |

Uvažovat pouze samostatně stojící konstrukce je nevýhodné, dochází k obrovskému plýtvání místem a není využit plně jejich potenciál. Z tohoto důvodu vznikla funkce (Obrázek 5-16), ve které je možno rozmístění konstrukcí navrhnout a tím zredukovat jak jejich počet, tak i výslednou vynaloženou cenu. Tato funkce je dostupná pod tlačítkem *rozmístění*.

Obrázek 5-16: Vlastní aplikace, rozvržení konstrukcí

Přidávání konstrukcí musí probíhat shora dolů, tak aby aplikace mohla snáze ověřit, zda je vybrána konstrukce vhodná pro daný model fotovoltaického panelu. Jestliže má uživatel vybráno, opět tak jako u zapojení klikne na tlačítko *plus* a budou mu zobrazeny propočtené nabídky tzn. cena při aktuálním počtu konstrukcí. Potvrzením dané nabídky bude konstrukce i s nabídkou přidána do uživatelem navrhovaného systému.

Přidané konstrukce

Tento prostor (Obrázek 5-17) na obrazovce je určen pro zobrazení již přidaných zařízení. Opět s tím jak jsou konstrukce přidávány respektive odebírány, mění se odpovídající hodnoty systému.

výkon[W]: 10910.0 celková cena[Kč]: 2336456.0 cena konstrukcí[Kč]: 966000.0 w/kč: 214.16

smaž konstrukce >> DC rozvaděče >>

přidání konstrukcí do systému proběhlo úspěšně

| konstrukce | panel | pozice | počet konstrukcí | počet panelů | cena |
|------------|---------|----------|------------------|--------------|----------|
| VR-98/52 | SCM 210 | vertical | 1 | 24 | 42000.0 |
| VR-98/52 | STH-245 | vertical | 22 | 22 | 924000.0 |

Obrázek 5-17: Vlastní aplikace, přidané konstrukce

5.4.3 DC rozvaděče

Tato část z návrhu fotovoltaického systému není povinná. Aplikace rozpozná, zda-li je třeba do uživatelem navrhovaného systému zahrnout i DC rozvaděče. V podstatě se jedná o stejný princip přidávání DC rozvaděče do systému, jako je tomu u konstrukcí. Opět je na levé straně obrazovky zobrazen počet tabulek odpovídající počtu přidaných zapojení, v které jsou jednotlivé DC rozvaděče pro každé zapojení zvlášť a jejich vhodný počet.

Počet vypočítaných rozvaděčů není bohužel zatím příliš přesný, jedná se pouze o odhad.

5.4.4 Kabelové vedení

Ať už je třeba použít či nepoužít DC rozvaděčů do této fáze návrhu se uživatel dostane vždy. Jedná se o výpočet kabelového vedení pro navrhovaný systém.

Pro výpočet je potřeba vybrat požadovaný materiál kabelu, jeho délku a průřez (Obrázek 5-18). Dalším parametrem pro výpočet odporu kabelového vedení je i elektrický proud. Hodnota elektrického proudu je brána automaticky (uživatel nemá možnost ji ovlivnit) a to tak, že je spočten průměrný elektrický proud v celém systému, který je poté dosazen.

v této sestavě není třeba použít DC rozvaděčů

| | | | | | | | | |
|-----------|--------|------------------|----|---------|---|-----------|------|----------|
| materiál: | hliník | délka kabelu[m]: | 55 | průřez: | 2 | proud[A]: | 8.05 | spočítej |
|-----------|--------|------------------|----|---------|---|-----------|------|----------|

Obrázek 5-18: Vlastní aplikace, výběr parametrů kabelu

Při stisku tlačítka *Spočítej* aplikace vypočítá odpor kabelového vedení a úbytek na něm. Zároveň také aplikace vybere kabely odpovídající daným parametrům (Obrázek 5-19). Modely kabelů jsou vybírány s ohledem na jejich materiál, průřez, maximální elektrický proud a maximální elektrické napětí. Materiál a průřez kabelu jsou dány. Za maximální elektrický proud a elektrické napětí jsou dosazeny jejich maximální hodnoty nalezené v navrhovaném systému.

celková délka kabelu [m]: 110.0

celkový odpor [ohm]: 1.47

výkonová ztráta [W]: 95.16

výkonová ztráta [%]: 0.87225

vyberte model kabelu ze seznamu

kabely: VR-785

zobraz nabídky

Obrázek 5-19: Vlastní aplikace, výběr kabelu

Jakmile uživatel vybere model kabelu, je nutné zobrazit nabídky u tohoto modelu evidované (Obrázek 5-20).

vyberte nabídku vybraného kabelu

Iproma

propočti nabídku

Obrázek 5-20: Vlastní aplikace, výběr nabídky kabelu

Vybraná nabídka je poté zobrazena a propočtena s konkrétním modelem kabelu (Obrázek 5-21).

dodavatel: Iproma

cena: 250.0

sleva: 0

záruka: 5

délka[m]: 5

datum začátku: 5/5/00

datum konce: 5/6/00

celková cena: 2750.0

Obrázek 5-21: Vlastní aplikace, konkrétní nabídka kabelu

5.4.5 Určení polohy

Zde uživatel určí umístění navrhovaného systému (Obrázek 5-22) pomocí souřadnic GPSⁱ a dalších atributů:

- Zeměpisná délka.
- Zeměpisná šířka.
- Sklon panelů fotovoltaických panelů.
- Ovzduší (město, venkov ...).

Pomocí tzv. Web Services (webových služeb) komunikuje aplikace s dalším systémem (fotovoltaika.aspone.cz), který je implementován v rámci jiné bakalářské práce. Tedy údaje jsou zaslány tomuto systému, který je zpracuje a jako odpověď zašle informace o množství dopadených kWh ze Slunce na Zemi. Bohužel v současné době jsou podporovány GPS souřadnice pouze v okolí Ostravy.

Jestliže uživatel zadá nepodporované souřadnice a tedy výsledek, který je poslán z komunikujícího systému je nereálný použije aplikace průměr udáván pro Česko, což je asi 1100kWh dopadajících na Zemi, ale informace o poloze jsou do systému zaznamenány.

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------|---------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| zeměpisná délka: | <input type="text" value="4554"/> | zeměpisná šířka: | <input type="text" value="1816"/> | sklon panelů: | <input type="text"/> | ovduší: | <input type="text" value="1"/> | <input type="button" value="OK"/> | zahrnout gps: | <input checked="" type="checkbox"/> |
|------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------|---------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------------|

Obrázek 5-22: Vlastní aplikace, zadávání GPS souřadnic

Pokud si uživatel nebude přát zahrnout GPS souřadnice do navrhovaného systému, bude použita také průměrná hodnota dopadajících kWh a informace o poloze nebudou do systému zaznamenány.

Po stisku tlačítka OK je zobrazen graf (Obrázek 5-23), na němž jsou jak průměrné hodnoty, tak i hodnoty na daných souřadnicích.



Obrázek 5-23: Vlastní aplikace, graf dopadených kWh

5.4.6 Shrnutí

V této chvíli se uživatel dostane do fáze, kde jsou poskytnuty statistiky o sestaveném systému. Statistiky jsou počítány na 30 let dopředu, pro každý rok. Při výpočtech se počítá jak s úbytky výkonu na kabelovém vedení na střídači tak i s úbytky vlivem stárnutí fotovoltaických panelů. Centrálním prvkem je tabulka (Obrázek 5-24), kde jsou sumarizovány nejdůležitější informace.

ⁱ Polohový družicový systém k určování polohy.

| kWh | rok | roční ztráty[W] | ročně vyrobená energie[kWh] | roční výdělek[Kč] | výdělek |
|--------|------|-----------------|-----------------------------|-------------------|------------|
| 1000.0 | 2010 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | -318707.58 |
| 1000.0 | 2011 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | -253700.75 |
| 1000.0 | 2012 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | -188693.92 |
| 1000.0 | 2013 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | -123687.09 |
| 1000.0 | 2014 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | -58680.26 |
| 1000.0 | 2015 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | 6326.57 |
| 1000.0 | 2016 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | 71333.4 |
| 1000.0 | 2017 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | 136340.23 |
| 1000.0 | 2018 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | 201347.06 |
| 1000.0 | 2019 | 21773.32 | 5306.68 | 65006.83 | 266353.89 |
| 1000.0 | 2020 | 20689.88 | 5042.64 | 61772.35 | 328126.24 |

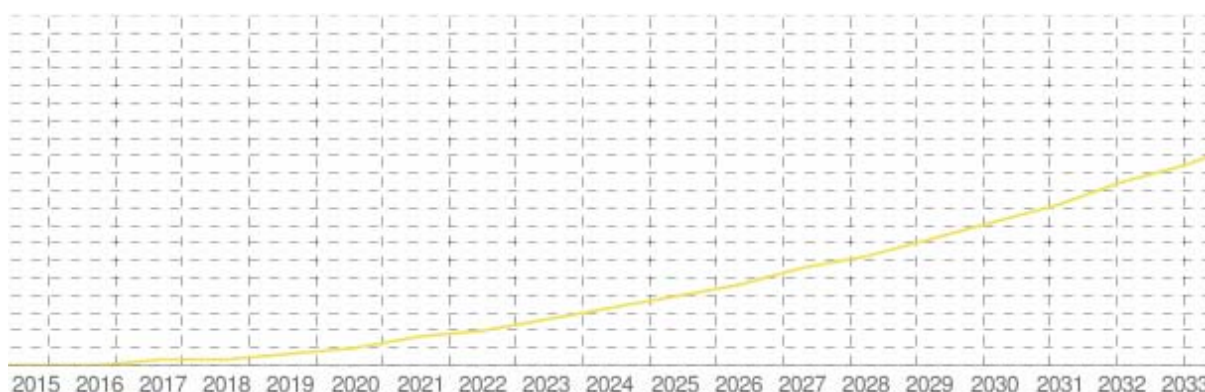
Obrázek 5-24: Vlastní aplikace, tabulka výnosu

Je patrné (Obrázek 5-24), že tento konkrétní navrhovaný systém začne uživateli vydělávat až v roce 2015. Roční ztráty jsou suma ztrát na kabelovém vedení a na střídačích. V roce 2020 se sníží účinnost fotovoltaického panelu vlivem stárnutí a tím klesne i množství vyrobené energie. Rozložení výkonu mezi fotovoltaickými panely je možno zobrazit pomocí grafu (Obrázek 5-25).

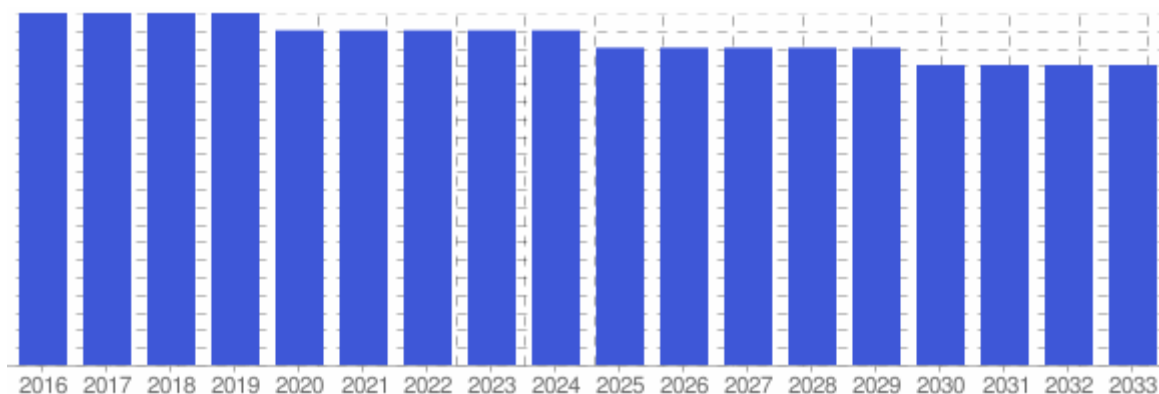


Obrázek 5-25: Vlastní aplikace, rozložení výkonu mezi panely

Výdělek systému (Obrázek 5-26) a ročně vyrobená energie (Obrázek 5-27) pomocí grafu.



Obrázek 5-26: Vlastní aplikace, graf výdělku systému.



Obrázek 5-27: Vlastní aplikace, ročně vyrobená energie

Uživatel má možnost takto navržený systém uložit k pozdějšímu zhlédnutí.

5.5 Osobní

V této funkci aplikace má každý uživatel možnost spravovat svůj účet a také prohlížet své vlastní uložené fotovoltaické systémy (Obrázek 5-28). Prohlížení je rozděleno do sekcí např. zapojení, konstrukce atd.

| nabídka p. | nabídka s. | cena | w/Kč | konkrétní zapojení | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|-------|--------|--------------------|---------|----------|-------------|--------|--------|----------|--------|-----------|------------|-----------------|---|
| | | 54.0 | 5465.0 | panel | střídač | zapojení | využití [%] | výkon | UDC[V] | Usys[V] | IDC[A] | p. panelů | p. řetězců | panelů v řetězi | DC rozvaděče |
| | | | | | | | 100.0 | 2000.0 | 540.0 | 15000.0 | 4.65 | 25 | 1 | 25 | <div>nabídka p. rozvaděč počet cena</div> <div> 2.0 1564.0</div> |
| | | 456.0 | 4.0 | panel | střídač | zapojení | využití [%] | výkon | UDC[V] | Usys[V] | IDC[A] | p. panelů | p. řetězců | panelů v řetězi | DC rozvaděče |
| | | | | | | | 99.37 | 5520.0 | 1490.4 | 41400.0 | 13.95 | 69 | 3 | 23 | <div>nabídka p. rozvaděč počet cena</div> <div> 2.0 1564.0</div> |
| | | 16.0 | 1.0 | panel | střídač | zapojení | využití [%] | výkon | UDC[V] | Usys[V] | IDC[A] | p. panelů | p. řetězců | panelů v řetězi | DC rozvaděče |
| | | | | | | | 99.64 | 5535.0 | 5535.0 | 122877.0 | 405.0 | 123 | 8 | 2 | <div>nabídka p. rozvaděč počet cena</div> <div> 2.0 1564.0</div> |

Obrázek 5-28: Vlastní aplikace, zapojení uloženého fotovoltaického systému

6 Porovnání aplikací

Tato předposlední kapitola bakalářské práce se zabývá porovnáním (Tabulka 6-1) vlastní implementované aplikace se systémy uvedenými v kapitole 3.

| | KacoCalc Pro | PVsyst | PVGIS | ISFotovoltaika |
|---|--------------|--------|-------|-----------------|
| <i>Evidence</i> | | | | |
| Evidence fotovoltaických panelů | Ano | Ano | Ne | Ano |
| Evidence střídačů | Ano | Ano | Ne | Ano |
| Evidence výrobců a dodavatelů | Ne | Ne | Ne | Ano |
| Evidence ostatních zařízení | Ne | Ano | Ne | Ano |
| Evidence meteorologických statistik | Ne | Ano | Ne | Ne |
| <i>Přírodní podmínky</i> | | | | |
| Výkon slunečního záření | Ne | Ano | Ne | Ano |
| Sklon panelů | Ne | Ano | Ne | Ano |
| Simulace stínu | Ne | Ano | Ne | Ne ⁱ |
| Horizont | Ne | Ano | Ano | Ne ⁱ |
| <i>Druhy fotovoltaických systémů</i> | | | | |
| On-grid fotovoltaický systém | Ne | Ano | Ne | Ano |
| Off-grid fotovoltaický systém | Ne | Ano | Ne | Ne |
| Fotovoltaický systém na ohřev vody | Ne | Ano | Ne | Ne |
| <i>Výpočty</i> | | | | |
| Zapojení mezi fotovoltaickým panelem a střídačem | Ano | Ano | Ne | Ano |
| Výpočty nad konkrétními zařízeními | Ano | Ano | Ne | Ano |
| Rozvržení konstrukcí | Ne | Ano | Ne | Ano |
| Ztráty systému | Ne | Ano | Ne | Ano |
| <i>Finance</i> | | | | |
| Cena zařízení | Ne | Ano | Ne | Ano |
| Cena fotovoltaického systému | Ne | Ano | Ne | Ano |
| Návratnost pořizovací investice fotovoltaického systému | Ne | Ano | Ne | Ano |
| <i>Výstupy</i> | | | | |
| Grafy | Ne | Ano | Ano | Ano |
| Tabulky | Ne | Ano | Ano | Ano |
| Simulace fotovoltaického systému | Ne | Ano | Ne | Ne |
| <i>Obecné</i> | | | | |
| Webová aplikace | Ne | Ne | Ano | Ano |
| Přehlednost | Ano | Ne | Ano | Ano |
| Složitost | Ne | Ano | Ne | Ne |

Tabulka 6-1: Porovnání aplikací, tabulka

ⁱ Řešeno v aplikaci fotovoltaika.aspone.cz.

7 Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo získat přehled v principech fotovoltaiky. Seznámení se s modelováním fotovoltaických systémů, pochopení principů jednotlivých zařízení v těchto systémech obsažených. U zařízení vytyčit atributy, které bude nutné zahrnout do evidence. Prozkoumat některé již existující aplikace, poučit se z jejich nedostatků a implementovat vlastní aplikaci.

Původním plánem bylo podle určitých vstupních parametrů vytvořit několik alternativ řešení, z nichž by si uživatel vybral pro něj nejvhodnější. Bohužel se ukázalo, že počet alternativ by byl příliš velký a tak byla zvolena “poloautomatická” forma návrhu. Což znamená, že uživateli jsou přepočítány např. zapojení a musí do svého systému volit zapojení z těchto již definovaných.

V současné době se jedná o první verzi aplikace a výpočty, které jsou v ní prováděny, určitě nedosahují přesnosti profesionálních nástrojů. Avšak oproti výše uváděným aplikacím je možnost poměrně jednoduše sestavit základní fotovoltaický systém s ohledem na finanční stránku věci.

Potenciál aplikace do budoucna je značný. Fotovoltaika se v současnosti těší velké oblibě, která v České republice je navíc podpořena výší stanovených výkupních cen za kWh. Bohužel do budoucna plánuje ČEPS omezování fotovoltaických systémů a také snižování výkupní ceny.

Samotná aplikace se dočká určitě zlepšení v podobě zpřesnění výpočtů, zahrnutí více zařízení pokrývajících i ty nejmenší detaily fotovoltaického systému. Do dalšího rozšíření bude určitě zahrnuto více typů fotovoltaických systémů, zejména pak tzv. Off-grid systémy, které se také těší velké oblibě. Bude nutné zvýšit četnost komunikace a další funkce se systémem *fotovoltaika.aspone.cz*, a tak zahrnout do výpočtů různé aspekty počasí k ještě přesnějším výsledkům.

Nezbývá než doufat, že fotovoltaika, její vývoj a oblibenost bude stále strmě stoupat jako nyní.

8 Literatura

- [1] Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie. *Planning and installing photovoltaic systems*. UK : Earthscan, 2008. 384 s. ISBN 978-1-84407-442-6.
- [2] KUROKAWA, Kosuke . *Practical proposals for very large scale photovoltaic systems*. UK : Earthscan, 2007. 201 s. ISBN 978-1-84407-363-4.
- [3] KOTVOVÁ, Petra; TÁBORSKÝ, Jiří. Výkupní ceny elektřiny z obnovitelných zdrojů se mohou snižovat. *Mediafax*[online]. 17. 03. 2010, -, [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.mediafax.cz/politika/3010502-Vykupni-ceny-elektriny-z-obnovitelnych-zdroju-se-mohou-snizovat>>.
- [4] ŠARMANOVÁ, Jana. *Databázové a informační systémy : Učební text*. Ostrava, 2007. 122 s. Skripta. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-1499-5.
- [5] VONDRÁK, Ivo. *Metody Specifikace Softwarových Systémů : pro kombinované a distanční studium*. Ostrava, 2005. 65 s. Skripta. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [6] *Developer Resources for Java Technology* [online]. c2010 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://java.sun.com>>.
- [7] *Struts 2* [online]. c2009 [cit. 2010-02-20]. Dostupné z WWW: <<http://struts.apache.org/2.x>>
- [8] *SpringSource.org* [online]. c2010 [cit. 2010-03-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.springsource.org>>
- [9] *MySQL :: The world's most popular open source database* [online]. c2010 [cit. 2010-01-08]. Dostupné z WWW: <<http://mysql.com>>.

